نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۴۰۰، ص ۴۷۵-۴۶۵

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 11, No. 2, Fall- Winter 2021, p. 465-475

مقاله علمی-پژوهشی

برداشت نیمه‌مکانیزه گلبرگ گلرنگ و مقایسه آن با روش سنتی

محمود صفری[1*]، هومن شریف نسب[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۵

چکیده

گلبرگ گلرنگ به‌دلیل دارا بودن خواص و کاربردهای فراوان، دارای ارزش افزوده اقتصادی است، در صنایع غذایی به‌عنوان رنگ طبیعی غذا، در صنایع نساجی و قالی‌بافی به‌منظور رنگ‌آمیزی نخ و در صنایع رنگ‌سازی به‌منظور تولید رنگ استفاده می‌شود. در بسیاری از مناطق کشور این محصول، به‌صورت دستی برداشت می‌شود. در این تحقیق، به‌منظور برداشت گلبرگ، سه روش برداشت دستی (سنتی)، ماشینی پشتی (برقی) و ماشینی فرغونی (بنزینی)، ازنظر صفات ظرفیت مزرعه‌ای، ضایعات، درصد خلوص، انرژی مصرفی و هزینه‌های عملیاتی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار، در سال ۹۷ ارزیابی شد. نتایج تحقیق نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی ازنظر صفات مورد مطالعه، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود دارد. مقایسه میانگین‌های سه روش برداشت پشتی، فرغونی و دستی نشان داد، ضایعات برداشت به‌ترتیب ۰/۶۳، ۱/۱۱ و ۳/۲۵ درصد، درصد خلوص به‌ترتیب ۹۷/۶۱، ۹۸/۶۶ و ۹۵/۲۸ درصد، ظرفیت مزرعه‌ای، به‌ترتیب ۲/۴۵، ۲/۷۶ و ۱/۳۹ گرم بر دقیقه و از نظر اقتصادی، نسبت سود به هزینه به‌ترتیب ۱/۷۵، ۱/۵۵ و ۱/۱۶ است که برای این صفات، بین روش‌های ماشینی، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی بین روش‌های ماشینی و دستی، اختلاف در سطح ۵٪ معنی‌دار بود. در نهایت با توجه به معنی‌دار نبودن صفات ظرفیت مزرعه‌ای و درجه خلوص روش‌های ماشینی و انرژی مصرفی و ضایعات کمتر روش پشتی و ارجحیت اقتصادی آن، به‌منظور برداشت گلبرگ گلرنگ، روش برداشت پشتی قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: برداشت، برداشت مکانیزه، گلبرگ، گلرنگ

مقدمه

در بسیاری از کشورها، گلرنگ به‌منظور برداشت دانه روغنی آن کشت می‌شود ولی در برخی از آن‌ها مانند بنگال، قسمت‌هایی از هند و جنوب فرانسه، به‌منظور برداشت گلبرگ، کشت می‌شود. مکزیک، آمریکا، اتیوپی، آرژانتین و استرالیا، ۹۹ درصد سطح زیر کشت گلرنگ و ۸۷ درصد مقدار تولید گلرنگ در جهان را به خود اختصاص داده‌اند (Rajvanshi, 2005).

در سال زراعی ۹۴-۹۳، سطح زیر کشت گلرنگ در کشور ۲۳۰۰ هکتار بوده است که معادل ۰/۵۲ درصد از کل سطح زیر کشت محصولات صنعتی را به‌خود اختصاص داده است (Agricultural statistics, 2015). به‌دلیل خشکسالی‌های اخیر و لزوم تغییر درکشت و جایگزینی زراعت‌های مقاوم به خشکی و شوری، گیاه گلرنگ با توجه به دوره رشد کوتاه، مقاوم بودن به خشکی و نیاز به مراقبت کمتر، می‌تواند منبع خوبی برای درآمد کشاورزان باشد؛ در این میان، گلبرگ این محصول برای رنگ کردن خوراکی‌ها و اهداف داروئی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برداشت گلبرگ در غالب مناطق کشور به‌صورت سنتی و دستی انجام می‌شود که با توجه به خاردار بودن گیاه، این روش برداشت دارای مشقت‌های زیادی بوده و هزینه‌های تولید را افزایش می‌دهد، از طرفی با توجه به تماس دست کارگران با گلبرگ، محصول از نظر بهداشتی، در معرض آلودگی قرار دارد؛ بنابراین انتخاب روش مکانیزه مناسب جهت برداشت گلبرگ، می‌تواند گامی مؤثر در جهت توسعه کشت این محصول باشد (Anonymous, 2016).

با توجه به بررسی‌های به‌عمل‌آمده در داخل و خارج از کشور، برداشت دانه و گلبرگ توسط دروگرهای معمولی انجام می‌شود سپس توسط کارگر، گلبرگ‌ها از دانه جدا می‌شوند. بررسی تعدادی از منابع خارجی نشان داده است که گلبرگ گیاه گلرنگ مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و محصول دانه با تنظیماتی توسط کمباین‌های رایج غلات برداشت می‌شود.

گلرنگ را می‌توان به آسانی با کمباین غلات برداشت نمود. برای این منظور بایستی اندازه‌ها و فواصل کوبنده و ضد کوبنده و الک‌های کمباین را تغییر داد، سرعت برداشت این روش نسبت به برداشت گندم و جو کمتر است. در گلرنگ برخلاف سایر گیاهان روغنی مشکل ریزش وجود ندارد و تنها در صورت عدم تنظیم صحیح

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: email2safari@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jam.v11i2.80725

کمباین، ممکن است تعدادی از غوزه‌ها بر اثر ضربه پره‌های خوراک‌دهنده کمباین دچار ریزش شوند. تعیین زمان دقیق برداشت گلرنگ به نوع رقم و عوامل محیطی نظیر میزان رطوبت نسبی و دمای هوا بستگی دارد. معمولاً زمان برداشت موقعی است که دانه‌های گلرنگ، رطوبتی حدود ۸ درصد داشته باشند به طوری‌که اگر غوزه‌ها را در دست فشار دهیم بذرها به آسانی از آن‌ها جدا شوند. وجود علف‌های هرز در میان گیاهان رسیده، که معمولاً به دلیل آبیاری بیش از حد در مراحل پایانی رشد گیاه صورت می‌پذیرد، برداشت با کمباین را مشکل می‌سازد (Anonymous, 2016).

در تحقیقی با عنوان شبیه‌سازی و بهینه‌سازی جریان هوا برای سامانه فشار منفی جهت برداشت گلبرگ گلرنگ، سرعت جریان هوا جهت مکش محصول و میزان جمع شدن گلبرگ‌ها، در محوطه جمع‌کننده مخروط ذوزنقه‌ای شکل، نسبت به سهمی شکل مناسب‌تر بود. در این تحقیق آمده است که گلبرگ گلرنگ، کوچک و دارای وزن سبکی است که می‌توان آن‌را به روش پنوماتیک برداشت نمود. تلفیقی از فشار هوای مثبت و منفی جهت برداشت و جمع‌آوری گلبرگ استفاده شد. این روش می‌تواند به نحو موثری بازده برداشت را افزایش و میزان هزینه‌های تولید را کاهش دهد (Yun *et al.*, 2015).

طی تحقیقی در داخل کشور، دستگاه مکنده برداشت گلبرگ از گیاه گلرنگ به‌صورت نمونه اولیه، طراحی و ساخته شد؛ این دستگاه، از یک موتور، فن مکنده، مخزن خرطومی و مخروط ورودی تشکیل شده بود. در این تحقیق آمده است که دستگاه به‌وسیله نیروی مکش کار می‌کند و هیچ‌گونه صدمه‌ای به دانه وارد نمی‌شود. ظرفیت برداشت دستی، ۳۵۰ گرم در روز (۶ ساعت کاری) بوده است که توسط ماشین به ۲/۳ کیلوگرم در روز افزایش یافته است (Azimi *et al.*, 2016).

در تحقیقی ماشین برداشت و جداکننده کلاله از گل زعفران طراحی و ساخته شد؛ در این تحقیق، به کمک فناوری پردازش تصویر، موقعیت نزدیک‌ترین گل، شناسایی و به کمک بازوی رباتیک، پس از گرفتن گل و کشش به سمت بالا، آن‌را از ساقه جدا می‌نماید. پس از انتقال گل چیده شده به قیف دو تکه، با دمیدن هوا به داخل آن، گلبرگ‌های آن به طرفین قیف چسبانده می‌شوند. دوربین دیگری با تصویربرداری از داخل گل، موقعیت کلاله‌ها را تشخیص و به بازوی روباتیک دیگری جهت گرفتن آن‌ها فرمان می‌دهد؛ در انتها، دو بخش قیف، به‌آرامی از سمت بالا به پایین از یکدیگر دور می‌شوند. آن‌چه در گیره روباتیک به‌جا می‌ماند کلاله‌های گل است که به مخزن جمع‌آوری زعفران منتقل می‌شوند.گلبرگ‌ها و سایر اجزای باقی‌مانده، در مخزن دیگری ریخته شده و جمع‌آوری می‌شوند (Arab, 2016).

به‌منظور برداشت گل زعفران، یک ماشین برداشت پشتی مجهز به موتور بنزینی در منطقه خراسان رضوی، طراحی و ساخته شد، این ماشین شامل قسمت‌های برش، مکش و مخزن بود؛ گل‌های زعفران توسط واحد برش، بریده شده و توسط واحد مکش به مخزن ریخته می‌شد. موتور مکشی و واحد برش در دو دست کارگر قرار می‌گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که طرح کلی دستگاه به‌عنوان یک ماشین قابل حمل توسط یک نفر برای برداشت گل زعفران قابل قبول بوده است. نیروهای وارده به بازوها و سرشانه‌ها در طولانی مدت ممکن است باعث خستگی کاربر گردد که استفاده از آلیاژ سبک برای لوله مکشی و مخزن سبک‌تر برای کاهش آسیب‌های وارده توصیه شده است. دود ناشی از موتور پمپ برای کاربر مضر گزارش شده است و توصیه شده است که دود آن در محل دورتری از کاربر تخلیه گردد. همچنین نتایج نشان داد که واحد برش به منظور بالا بردن دقت برش می‌بایست اصلاح گردد (Saeedi rad *et al.*, 2012).

در تحقیقی، سه روش برداشت گلبرگ گلرنگ شامل روش‌های دستی، ماشینی پشتی (برقی) و ماشینی خودگردان (بنزینی) مورد ارزیابی قرار گرفت. در روش پشتی از باتری و مکانیزم مکنده استفاده شده بود، ظرفیت این ماشین برای برداشت گلبرگ خشک، ۴۵۰-۴۰۰ گرم در روز بود؛ در شرایط مشابه، برای روش دستی، این مقدار ۲۵۰–۲۰۰ گرم بوده است. غالب کشاورزان از سم‌پاش‌های پشتی اتومایزر به‌منظور سم‌پاشی مزارع استفاده می‌نمایند؛ به‌منظور ساخت ماشین خودگردان (بنزینی)، این سم‌پاش، اصلاح گردید. ظرفیت این ماشین با ۶ نفر کارگر ۶–۳ کیلوگرم در روز بود. (Rajvanshi, 2005).

در تحقیقی مدل دینامیکی سامانه برشی پنوماتیک برای برداشت گلبرگ گلرنگ در کشور چین مورد ارزیابی قرار گرفت. رقم مورد آزمایش یامین[1] بود. طول گلبرگ‌ها به‌طور متوسط ۲۲/۳۹ میلی‌متر، قطر گردن ۶/۳۰ میلی‌متر، قطر تاج ۲۰/۸۹ میلی‌متر بود. در این تحقیق، برداشت گلبرگ دارای سه مرحله شانه کردن و شکل دادن گلبرگ به‌وسیله مکش، برش و جدا کردن گلبرگ از نهنج توسط تیغه و جمع‌آوری و انتقال توسط مکش بوده است. نتایج تحقیق نشان داد زمانی که سرعت مکش (سرعت آستانه) واحد مکنده به ۹/۸ متر بر ثانیه رسید، گلبرگ بریده شده توسط واحد برش به سمت مخزن جمع‌آوری گل منتقل شد (Yun *et al.*, 2016).

با توجه به بررسی منابع و تحقیقات انجام شده، هدف این تحقیق، اصلاح ماشین پشتی برقی جهت برداشت نیمه‌مکانیزه گلبرگ گلرنگ و مقایسه فنی و اقتصادی این روش با روش‌های فرغونی بنزینی (مجهز به موتور برق) و روش دستی (رایج) بوده است.

1- Yumin

مواد و روش‌ها

اجزای تشکیل‌دهنده گل گلرنگ شامل گلبرگ، گردن و نهنج می‌باشد که از دانه‌های روغنی داخل نهنج به‌منظور تولید روغن گیاهی و از گلبرگ آن به‌منظور مصارف غذایی و دارویی استفاده می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱– قسمت‌های مختلف گل گلرنگ؛ گلبرگ (۱)، گردن (۲) و نهنج (۳)
Fig.1. Different parts of safflower; Petals (1), Neck (2) and Recptacle (3)

هدف این تحقیق، برداشت گلبرگ گلرنگ بود که در سال زراعی ۹۷-۹۶ در مزرعه ۴۰۰ هکتاری موسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر انجام شد، در این آزمایش، سه روش برداشت گلبرگ گلرنگ مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. رقم گل، اصفهان بود که مشخصات آن مطابق جدول ۱ اندازه‌گیری شد.

جدول ۱– مشخصات گل‌های مورد آزمایش
Table 1– Specifications of flowers

تعداد گل در متر مربع Number of flowers per square meter	ارتفاع گیاه Crop height (cm)	تعداد گل در هر گیاه Number of flowers per plant	
167	100	60	
176	90	70	
104	95	44	
149	95	58	متوسط Average

تیمارهای آزمایشی برای برداشت گلبرگ به شرح ذیل بودند:
۱- روش پشتی برقی
۲- روش فرغونی بنزینی مجهز به موتور برق
۳- روش دستی (سنتی)

ابعاد پلات‌های آزمایشی با توجه به ردیفی بودن کشت، ۱/۷×۰/۶ متر بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، بر روی سه ردیف از کشت پیاده شدند، تیمارهای آزمایشی در سه تکرار، مورد مقایسه قرار گرفتند. عوامل فنی مورد بررسی شامل درصد رطوبت محصول در حین برداشت، ظرفیت مزرعه‌ای (ماده‌ای)، میزان ضایعات، درصد خلوص گلبرگ‌های برداشت‌شده و مصرف انرژی بود. در روش برداشت پشتی، هر گلبرگ توسط تیغه برش از نهنج جدا و توسط واحد مکنده به مخزن دستگاه منتقل می‌شد، در روش سنتی، توسط کارگر و در داخل مزرعه، گلبرگ‌ها از نهنج جدا و در داخل کیسه‌های ویژه‌ای ریخته می‌شدند (شکل ۲). هر پلات آزمایشی شامل ۱۴۹ عدد گل گلرنگ در مساحت یک مترمربع بود که به روش‌های مختلف و در سه تکرار برداشت گردید.

ماشین پشتی (قبل از اصلاح)، قادر بود گلبرگ‌های خشک را برداشت و در داخل مخزن خود جمع‌آوری نماید و برای برداشت گلبرگ‌های تر مناسب نبود؛ این در حالی است که اگر کشاورز بخواهد چند چین گلبرگ برداشت نماید می‌بایست محصول تر را برداشت کند و روش برداشت خشک برای او مناسب نمی‌باشد. شکل ۳-ب واحد برش اولیه را نشان می‌دهد. با توجه به گزارش ارائه‌شده از سوی محققین موسسه ناری[1] عمل برش گلبرگ، به‌صورت دستی، با حرکت رفت و برگشتی لوله ورودی مواد انجام می شود (Rajvanshi, 2005). بررسی اولیه این ماشین نشان داد که در گلبرگ‌های تر، عملیات برداشت، مؤثر واقع نمی‌شود و تعداد زیادی از آن‌ها به‌صورت بریده نشده بر روی نهنج باقی می‌مانند. لذا تصمیم بر آن شد که

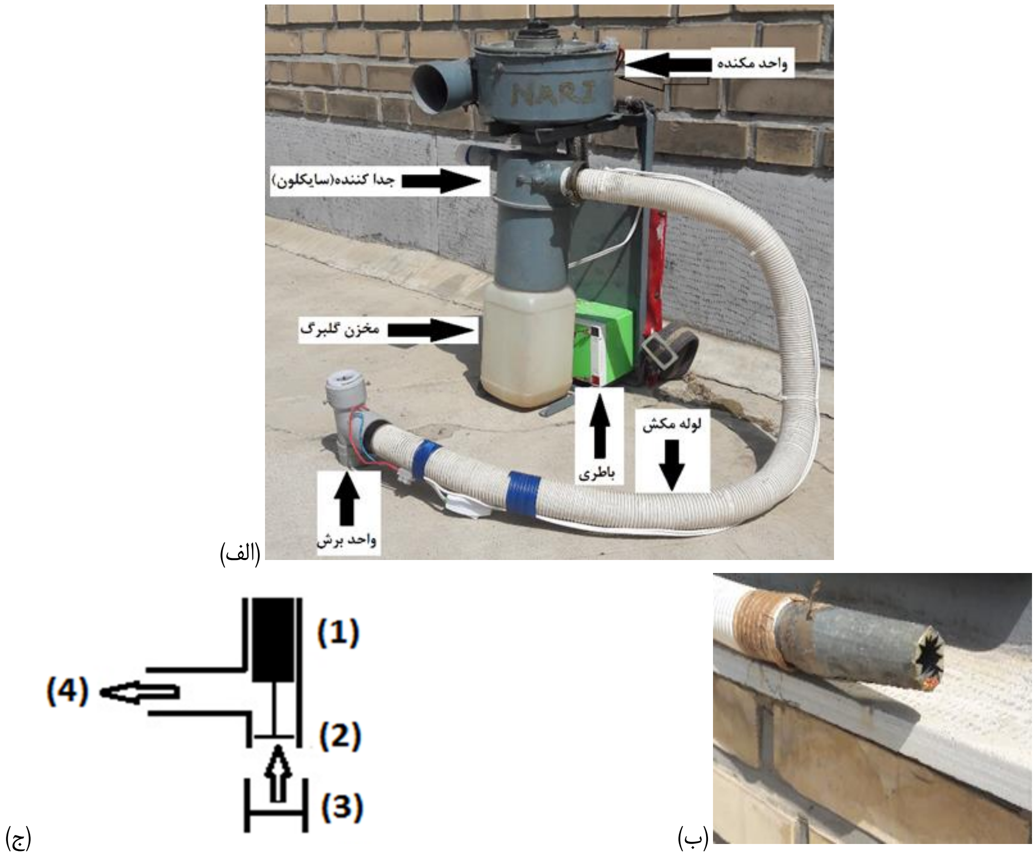
1- Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI)

مکانیزم برشی مناسبی به‌منظور بهبود عملکرد دستگاه مزبور، طراحی و ساخته شود (شکل ۳-الف و ج).



شکل ۲- برداشت به روش دستی

Fig.2. Manual harvesting method



شکل ۳- ماشین پشتی برقی اصلاح شده جهت برداشت گلبرگ (الف)، واحد برش اولیه (ب) و طرحواره‌ای از مکانیزم برش طراحی شده شامل آرمیچر (۱)، تیغه دوار (۲)، تیغه ثابت (۳) و لوله مکش (۴)

Fig.3. Modified electrical knapsack machine for cutting the petals (a Original cutting unit (b) and Shematic of cutting unite in Knapsack harvester machine Armature (1), Rotary blade (2), Fixed blade (3) and Suction pipe (4)

در واحد برش اصلاح شده، از آرمیچر ۱۲ ولت استفاده شد و تیغه برشی مناسب بر روی آن تعبیه گردید. منبع تأمین توان واحد مکنده و برش، باطری ۱۲ ولت و ۴۲ آمپرساعت بود که وزن کلی دستگاه با در نظر گرفتن باطری و واحد برش ۹/۸ کیلوگرم شد. باطری قادر بود توان مورد نیاز دستگاه را به مدت ۳ ساعت تأمین کند؛ بنابراین

چنانچه یک باطری یدک وجود داشته باشد، دستگاه قادر است یک روز کاری اقدام به برداشت و جمع‌آوری گلبرگ نماید.

در روش فرغونی از موتور برق با توان ۸kW به‌منظور راه‌اندازی واحد مکنده ۱۲۰۰w و ماشین برشی رفت و برگشتی استفاده شد. کلیه تجهیزات مکشی و موتور برق بر روی شاسی ویژه‌ای نصب‌شده بودند و کل دستگاه توسط دوچرخ باریک به فاصله ۶۰cm در سطح مزرعه حمل می‌شد (شکل ۴).



شکل ٤– ماشین فرغونی برداشت گلبرگ

Fig. 4. Wheel barrow machine for petal harvesting

برای تعیین ظرفیت مزرعه‌ای، در هر پلات آزمایشی، زمان لازم برای برداشت ۱۴۹ عدد گل و در سه تکرار ثبت گردید. در هر مرحله، وزن تر و وزن خشک (بعد از ۵ روز) نمونه‌ها تعیین شد و در نهایت ظرفیت روش‌های برداشت برحسب گرم بر دقیقه تعیین گردید.

ضایعات برداشت: در حین عملیات توسط روش‌های مختلف، تعدادی از گلبرگ‌ها بر روی زمین ریخته می‌شد که به‌عنوان ضایعات محصول مدنظر قرار گرفت. در هر یک از روش‌ها، مقدار گلبرگ‌های ریخته شده در سطح زمین، جمع‌آوری، توزین و درصد ضایعات از رابطه (۱) تعیین گردید (John Deer, 1975):

$$L = \frac{C}{(C+D)} \times 100 \quad (۱)$$

C= وزن گلبرگ‌های ریخته شده بر روی زمین (گرم)

D= وزن گلبرگ‌های برداشت‌شده (گرم)

L= ضایعات ریزش محصول (درصد)

درصد ناخالصی: مقداری از مواد ناخواسته نظیر کاسبرگ گل، وارد محصول برداشت شده می‌شود که ناخالصی محسوب می‌گردد و از بازارپسندی محصول می‌کاهد، لذا در هر یک از روش‌ها، میزان ناخالصی‌های موجود در محصول برداشت‌شده، جدا و توزین گردید و از رابطه (۲)، درصد ناخالصی محاسبه شد (John Deer, 1975):

$$I = \frac{E}{(E+F)} \times 100 \quad (۲)$$

E= وزن مواد ناخالص (گرم)

F= وزن نمونه برداشت‌شده (گرم)

I= ناخالصی (درصد)

پس از تعیین درصد ناخالصی، مقدار به‌دست آمده از ۱۰۰ کسر و درصد خلوص گلبرگ برداشت شده تعیین شد.

انرژی مصرفی: در روش پشتی برقی، منابع مصرف توان، موتور مکنده و آرمیچر واحد برش است. در ماشین برداشت فرغونی نیز این منابع وجود دارد ولی با توجه به استفاده از موتور برق۲۲۰ ولت، میزان مصرف سوخت (بنزین) و ارزش حرارتی آن مد نظر قرار گرفت و در روش دستی، توان مصرفی یک نفر در طی یک روز کاری منظور شد.

ارزیابی اقتصادی: از روش‌های معادل گردش نقدی سالانه و روش نسبت سود به هزینه استفاده شد. در روش معادل گردش نقدی سالانه، با استفاده از ارزش زمانی پول، تمام گردش‌های نقدی مربوط به یک سرمایه‌گذاری به ارزش معادل یکنواخت سالانه تبدیل شد (Soltani, 2008). در روش دستی با توجه به تعداد روزهای کاری و اجرت روزانه کارگر، هزینه یکنواخت سالانه تعیین گردید که در این تحقیق با احتساب ۳۰ روز فرصت برای برداشت گلبرگ منظور شد. در روش‌های ماشینی، هزینه‌های خرید اولیه و اسقاط ماشین‌ها با احتساب سود بانکی ۱۵٪ و عمر ۱۰ ساله به هزینه یکنواخت سالیانه تبدیل گردید که هزینه‌های تعمیر و نگهداری و خرید اولیه جزء هزینه‌ها و ارزش اسقاطی ماشین‌ها، جزء درآمد محسوب گردید (Soltani, 2008). به‌منظور در نظر گرفتن منافع حاصل از روش‌های برداشت، از روش نسبت منافع به هزینه استفاده شد. فرمول کلی نسبت منافع به هزینه به‌صورت رابطه (۳) است:

$$A1 = P[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^{n-1}}] \quad (۳)$$

A1= ارزش معادل یکنواخت سالانه خرید ماشین ($)

P= قیمت اولیه ماشین ($)

n= عمر اقتصادی ماشین (سال)

i= نرخ بهره (درصد)

$$A2 = F\left[\frac{i}{(1+i)^{n}-1}\right] \qquad (۴)$$

A2= ارزش معادل یکنواخت سالانه اسقاط ماشین ($)

F= ارزش اسقاطی ماشین ($)

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{ضررها}-\text{منافع}}{\text{هزینه ها}} \qquad (۵)$$

همان‌طور که در رابطه (۵) نشان داده شده است، ضررها به هزینه‌ها اضافه نمی‌شود بلکه از منافع کسر می‌گردد. چنانچه نسبت سود به هزینه بزرگتر یا مساوی یک باشد (B/C ≥1)، طرح اقتصادی و اگر کوچکتر از یک باشد (B/C <1)، طرح غیراقتصادی است. به‌منظور انجام محاسبات آماری، از نرم‌افزار آماری SPSS18 استفاده شد، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ظرفیت مزرعه‌ای

میزان ظرفیت مزرعه‌ای (ماده‌ای) روش‌ها پس از تعیین درصد رطوبت گل‌ها (۶۱٪) و تعیین وزن خشک، برحسب گرم بر دقیقه تعیین شد. مطابق جدول ۳، ظرفیت مزرعه‌ای روش برداشت فرغونی ۲/۷۶ گرم بر دقیقه (۱/۳۲ کیلوگرم در روز)، پشتی ۲/۴۵ گرم بر دقیقه (۱/۱۷ کیلوگرم در روز) و روش دستی، ۱/۳۹ گرم بر دقیقه (۰/۶۶ کیلوگرم در روز) بود، که بین روش‌های برداشت ماشینی و دستی، ازنظر ظرفیت مزرعه‌ای در سطح ۵٪، اختلاف معنی‌داری وجود داشت ولی بین دو روش ماشینی از نظر ظرفیت ماده‌ای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ مشاهده نشد، با این حال به‌منظور کسب نتایج موثق‌تر، این روش‌ها می‌بایست در سطح وسیع‌تر و مدت زمان طولانی‌تر مورد ارزیابی قرار گیرند.

جدول ۲- آنالیز واریانس میانگین‌ها

Table 2- Analysis of variance for means

صفت Trait	میانگین تغییرات MS			
	تیمار Treatment	تکرار Replication	خطا Error	ضریب تغییرات C.V
ظرفیت مزرعه‌ای Field capacity	1.48*	0.09ns	0.11	13.47
ضایعات Loss	5.82**	0.37ns	0.13	18.2
خلوص Purity	8.98*	0.34ns	1.07	2.05
هزینه Costs	0.27*	0.02ns	0.04	23.18

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns are significant at 1% level,5% level and not significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارها (در سطح ۵٪)

Table 3- Comparison of mean treatments (At 5% level)*

تیمار Treatment	ظرفیت مزرعه‌ای Field capacity ($g.min^{-1}$)	ضایعات Loss (%)	خلوص Purity (%)	نسبت سود به هزینه Benefit-cost ratio
پشتی برقی Knapsack	2.45^{a}	0.63^{a}	97.61^{a}	1.75^{a}
فرغونی (موتور برق) Wheel barrow machine	2.76^{a}	1.11^{a}	98.66^{a}	1.55^{ab}
سنتی (دستی) Manual	1.39^{b}	3.25^{b}	95.28^{b}	1.16^{c}

*No significant different in same alphabets

برای یک روز کاری و با توجه به خستگی کارگر و طاقت‌فرسا بودن عملیات در گرم‌ترین ماه سال، ظرفیت برداشت دستی به‌مراتب نسبت به روش‌های ماشینی پایین‌تر بوده است. در تحقیقات انجام‌شده در منطقه هندوستان، میزان ظرفیت مزرعه‌ای ماشین برداشت پشتی بدون تیغه برش و در شرایط خشک ۰/۴۲ کیلوگرم در روز، روش فرغونی با ۶ خروجی، ۴ کیلوگرم در روز (یک خروجی ۰/۶۷ کیلوگرم

در روز) و در روش دستی ۰/۲۲ کیلوگرم در روز بوده است (Rajvanshi, 2005) که تأییدکننده نتایج این تحقیق است. این نتایج نشان می‌دهد که روش ماشینی به نحو مؤثری باعث افزایش ظرفیت کاری برداشت گلبرگ می‌شود.

در روش دستی به دلیل این‌که از روش کشش محصول برای برداشت گلبرگ استفاده می‌شد، در تعدادی از نمونه‌ها، گلبرگ‌ها از روی نهنج ریشه‌کن می‌شدند که باعث صدمه رساندن به محصول و پایین آوردن درجه خلوص می‌شد، به‌دلیل فعالیت مداوم کشاورز، این عمل باعث خستگی دو انگشت درگیر با گلبرگ می‌شد و از نظر بهداشتی، گلبرگ‌های برداشت شده در معرض میکروب و باکتری قرار داشت. به دلیل فرآیند طولانی برداشت در طی روز، هرچه زمان برداشت طولانی‌تر می‌شد، به‌دلیل خستگی کارگر، وجود گرمای طاقت‌فرسا و برخوردهای مکرر دست‌ها با خارهای محصول، ظرفیت مزرعه‌ای برداشت کاهش یافت.

ضایعات برداشت

در حین برداشت با روش‌های مختلف، تعدادی از رشته‌های گلبرگ بر روی زمین ریخته می‌شد و یا تعدادی از رشته‌ها بر روی گل باقی می‌ماند که جزء ضایعات محسوب می‌شود. در تیمارهای آزمایشی تعداد رشته‌های ریخته شده بر روی زمین و به‌جا مانده بر روی گل جمع‌آوری و در آزمایشگاه توزین گردید. نتایج نشان داد بین تیمارهای آزمایشی ازنظر میزان ضایعات، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود دارد (جدول ۲). بیشترین ضایعات با ۳/۲۵ درصد مربوط به روش دستی و کمترین، با ۰/۶۳ درصد مربوط به روش پشتی بود. میزان ضایعات روش فرغونی ۱/۱۱ درصد و بین این دو روش بود. بین دو روش ماشینی ازنظر ضایعات اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و در یک گروه قرار داشتند. این نتایج نشان می‌دهد که روش ماشینی به نحو مؤثری باعث کاهش ضایعات گلبرگ گلرنگ می‌شود، در روش دستی با توجه به کشیده شدن محصول توسط دست و جابه‌جایی آن برای ذخیره در مخزن، ریزش محصول اجتناب‌ناپذیر است. از طرفی به دلیل کشش گلبرگ‌ها، تعدادی از آن‌ها بر روی نهنج باقی می‌مانند که خود باعث افت محصول می‌گردد. یکی از دلایل پایین‌تر بودن میزان ضایعات در روش‌های ماشینی، انتقال مستقیم گلبرگ‌های بریده شده به لوله‌های انتقال و مخزن جمع‌آوری گلبرگ بوده است در حالی‌که در روش دستی، گلبرگ‌های چیده شده توسط دست به کیسه‌ای که در گردن کاربر نصب شده است ریخته می‌شود که این خود باعث ریزش در طول این مسیر می‌شود.

در حین برداشت گلبرگ‌ها، تعدادی مواد ناخواسته ازجمله کاسبرگ‌های گل پس از برش، وارد محصول برداشت‌شده می‌شود که از درجه خلوص و بازارپسندی آن می‌کاهد. مطابق جدول ۲، بین تیمارهای مختلف ازنظر درجه خلوص اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود داشت. روش‌های ماشینی در یک گروه و روش سنتی در گروه بعد قرار داشت. میزان درجه خلوص روش‌های ماشینی فرغونی و پشتی به‌ترتیب ۹۸/۶ و ۹۷/۶ درصد و برای روش سنتی ۹۵/۲ درصد بود. یکی از دلایل بالا بودن میزان ناخالصی روش سنتی، کشیده شدن محصول توسط کارگر است که باعث کنده شدن نهنج و کاسبرگ می‌شود. در روش برداشت دستی از مکانیسم کششی به‌جای برشی استفاده می‌شود که در بسیاری از اوقات باعث تخریب ساختار گل می‌شود. هرچند بین دو روش ماشینی اختلاف معنی‌داری ازنظر درجه خلوص وجود ندارد ولی بالاتر بودن ناخالصی در روش پشتی می‌تواند به دلیل مکانیزم چرخشی تیغه برش (به‌جای رفت و برگشتی) باشد.

انرژی مصرفی

در روش پشتی، منابع مصرفی توان، شامل فن مکنده و آرمیچر جهت برش است که توان آن‌ها به‌ترتیب ۲۷ و ۳ وات می‌باشد که از طریق باطری ۱۲ ولت و ۴۲ آمپرساعت تأمین می‌شود. در کل توان مصرفی دستگاه، ۳۰ وات است که برای ۸ ساعت کاری میزان مصرف انرژی ۲۴۰ وات‌ساعت و برای ۳۰ روز، ۷/۲kWh است. هر باطری به میزان سه ساعت توان موردنیاز دستگاه را تأمین می‌کند که در صورت کار کردن دائم با یک باطری یدکی، این دستگاه قادر است یک روز کاری، توان موردنیاز خود را از باطری تأمین نماید. در تیمار فرغونی منابع مصرف‌کننده توان، جاروی مکنده و واحد برش است که از طریق موتور برق تأمین می‌شود؛ بنابراین، معیار سنجش توان مصرفی، میزان مصرف سوخت در واحد زمان در نظر گرفته شد. ارزش حرارتی بنزین $۳۲۳۰۰kJ.lit^{-1}$ است که معادل ۹/۰۴kWh است. مصرف روزانه بنزین در دستگاه موتور برق برای راه‌اندازی واحد مکنده و برش در طی ۸ ساعت کاری ۵ لیتر است؛ بنابراین میزان انرژی مصرفی در روش فرغونی در طی ۳۰ روز کاری ۱۳۵۶kWh است. میزان توان مصرفی یک نفر کارگر در ساعت ۲۰۰ وات است که در طی یک روز کاری معادل ۱۶۰۰ وات و برای ۳۰ روز ۴۸kWh است. در روش‌های پشتی و فرغونی از یک نفر نیروی کارگری استفاده می‌شود لذا، این رقم می‌بایست به میزان انرژی مصرفی این روش‌ها اضافه گردد. بنابراین میزان انرژی مصرفی تیمارهای پشتی، فرغونی و دستی به‌ترتیب ۵۵/۲، ۱۴۰۴ و ۴۸ کیلووات ساعت بود. این نتایج نشان داد که انرژی مصرفی روش فرغونی نسبت به دو روش دیگر به‌طور قابل ملاحظه ای بیشتر است ولی بین دو روش پشتی و دستی محسوس و قابل‌توجه نیست. از دلایل عمده مصرف بالای انرژی در روش فرغونی، بالا بودن توان مورد نیاز واحدهای برش (رفت و برگشتی) و مکش است که با ولتاژ ۲۲۰ ولت راه‌اندازی می‌شوند که در این واحدها استفاده از موتور برق اجتناب‌ناپذیر است.

ارزیابی اقتصادی

یکی از عوامل مهم بررسی پروژه‌های تحقیقاتی، ارزیابی اقتصادی پروژه است. در بسیاری از موارد ممکن است پروژه توجیه فنی داشته باشد ولی ازنظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نباشد و بالعکس. به‌منظور بررسی اقتصادی تیمارهای مختلف، لازم بود اطلاعات لازم مطابق جدول ۴، تهیه و محاسبات لازم انجام شود. از روش معادل گردش یکنواخت سالانه، هزینه هریک از روش‌ها محاسبه شد. برای روش ماشین پشتی، هزینه سالیانه به روش ذیل محاسبه شده است (Soltani, 2008):

ارزش یکنواخت شده سالانه ماشین:

$$A1 = -100[\frac{0.15(1+0.15)^{10}}{(1+0.15)^{10}-1} = -100(0.199) = -19.9\$$$

ارزش اسقاط ماشین (۱۰ درصد قیمت اولیه ماشین): 10$

ارزش یکنواخت شده سالانه اسقاط ماشین:

$$\mathrm{A2} = +10 * \left[\frac{0.15}{(1+0.15)^{10}-1}\right] = +10 * 0.049 = 0.49\$$$

هزینه تعمیر و نگهداری (۲ درصد قیمت اولیه ماشین): 2$

جمع هزینه‌های ماشین:

-19.9+0.49-2=-21.41$

مقدار منفی بیانگر هزینه است و تاثیری در محاسبات ندارد. بنابراین هزینه سالانه ماشین پشتی ۲۱/۴۱ دلار است.

هزینه کارگری:

هزینه روزانه کارگر ۵ دلار است که برای ۳۰ روز کاری ۱۵۰ دلار می‌شود که می‌بایست به هزینه‌های سالیانه ماشین اضافه گردد. بنابراین هزینه کل روش ماشین پشتی برابر است با:

هزینه کل= 150 +21.41=171.41$

برای روش فرغونی هم مطابق روش ذکر شده هزینه‌های سالیانه محاسبه شده است.

با توجه به عملکرد برداشت هر یک از تیمارها در طی یک سال و قیمت یک کیلوگرم گلبرگ خشک، با روش نسبت سود به هزینه، تیمارها با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که بین روش‌های آزمایشی ازنظر اقتصادی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. مقدار نسبت سود به هزینه در روش‌های پشتی، دستی و فرغونی به‌ترتیب ۱/۷۵، ۱/۱۶ و ۱/۵۵ بود (جداول ۲ و ۴). قیمت پایین ماشین (نسبت به روش فرغونی)، دلیل اصلی بالا بودن این نسبت در روش پشتی است و در مرحله بعد، بالاتر بودن ظرفیت مزرعه‌ای نسبت به روش دستی و پایین بودن هزینه‌های نگهداری ماشین قرار دارد.

جدول ٤- مقایسه اقتصادی تیمارهای آزمایشی

Table 4- Economic comparison of experimental treatments

مورد Item	دستی Manual	فرغونی Wheel barrow machine	پشتی Knapsack
هزینه خرید Purchase Cost ($)	0	300	100
تعدادکارگر در روز Labor number in a day	1	1	1
مزد روزانه کارگر Labor cost ($.day^{-1})	5	5	5
وزن گلبرگ‌های خشک Dry petals weight (kg.day^{-1})	0.68	1.32	1.17
ساعات کاری در روز Daily work hours	8	8	8
روزهای برداشت در سال Harvesting days per year	30	30	30
ارزش اسقاط ماشین Salvage value ($)	0	30	10
هزینه‌های نگهداری Maintenance cost ($)	0	10	2
هزینه برداشت Harvesting cost($.Day^{-1})*	150	218.23	171.41
ظرفیت برداشت Capacity (kg. year^{-1})	20.49	39.84	35.32
قیمت گلبرگ Petal Price ($.kg^{-1})	8.5	8.5	8.5
نسبت سود به هزینه Benefit-cost ratio	1.16	1.55	1.75

* Calculated in a uniform annual circulation equivalence method

ماشین برداشت پشتی می‌تواند به پانل‌های خورشیدی مجهز گردد که در این‌صورت منبع شارژ نمودن باطری در مزرعه قابل دسترس است ولی استفاده از پانل خورشیدی بر هزینه‌های تولید محصول می‌افزاید که می‌بایست از نظر اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد. در منطقه هندوستان از این پانل‌ها استفاده شده است که به‌طور معنی‌داری توجیه اقتصادی روش برداشت را کاهش داده است (Rajvanshi, 2005). به هر حال یکی از دلایل اصلی آن قیمت بالای پانل‌های خورشیدی در این منطقه بوده است.

چنانچه در این تحقیق به منظور شارژ نمودن باطری‌های ماشین برداشت پشتی از پانل خورشیدی استفاده شود، مشخصات و هزینه‌های پانل مطابق جدول ۵ خواهد بود. در حین عملیات، یکی از باطری‌ها شارژ می‌گردد و پس از ۴ ساعت و خالی شدن باطری، باطری‌ها تعویض می‌گردند.

جدول ۵- هزینه‌های پانل خورشیدی*

Table 5- Solar panel costs

مورد **Item**	هزینه (دلار) **Costs ($)**
صفحه پانل ۸۰W به مساحت ۰/۶ متر مربع (۶۷۸mm× ۹۰۵mm) Panel plate W80 with area of 0.6 m^2 (905mm × 678mm)	43
باطری ۱۲ ولت، ۲۴ آمپر ساعت (۲ عدد) 2 batteries 12 volt, 24 amp hours	20
شارژ کنترلر (PWM) Controller Charger (PWM)	11
سیم‌های رابط و اتصالات Interface wires and fittings	6
جمع کل Total	80

* با فرض هر دلار ۱۰۰۰۰ تومان در سال ۱۳۹۷

*Asuming each $ is equal with 10000 toman in 2017

میزان جریان مصرفی دمنده و آرمیچر واحد برش به‌ترتیب ۳A و ۱A است که در کل مجموع آمپر مصرفی دستگاه، ۴A می‌باشد. با توجه به کل توان مصرفی که ۳۰W است یک پانل ۸۰W (به‌دلیل دسترسی در بازار) با ولتاژ ۲۸ ولت برای شارژ باطری ۱۲ ولت مناسب است .

با توجه به توان مورد نیاز (۳۰W) و ساعات کار روزانه که ۸ ساعت است میزان انرژی مصرفی برابر است با:

E=۳۰× ۸=۲۴۰ W.h

با احتساب ضریب اطمینان ۱/۲ میزان انرژی مصرفی ۲۸۸ W.h خواهد بود که برای تولید انرژی خروجی حدود ۳۰۰w.h انرژی نیاز است، بنابراین می‌توان از پانل ۸۰w استفاده نمود.

محاسبه ظرفیت باطری :

$$Ca = \frac{E}{V} = \frac{288}{12} = 24 \quad (۶)$$

E= انرژی مورد نیاز (وات ساعت)

V= ولتاژ باطری (ولت)

Ca= ظرفیت باطری (A.h)

با احتساب ضریب ۱/۷ به‌عنوان ضریب پشتیبان، مقدار ظرفیت باطری ۴۰/۸ آمپر ساعت خواهد بود که با توجه به باطری‌های موجود در بازار، باطری ۴۲A.h انتخاب گردید (Gevorkian, 2008). بنابراین دوعدد باطری ۱۲ ولت، ۴۲A.h نیاز است که یکی از آن‌ها به‌صورت شارژ کامل و همواره آماده به‌کار است. تجهیزات خورشیدی به‌صورت ثابت و در محلی که حداکثر شدت نور وجود دارد قرار داده می‌شوند و در این محل باطری شارژ می‌شود (ضرورتی به حمل توسط کاربر نیست). هزینه پانل خورشیدی ۸۰۰ هزار تومان است که می‌بایست به هزینه‌های برداشت توسط ماشین برقی پشتی اضافه گردد. به عبارت دیگر، هزینه اولیه خرید ماشین به‌جای یک میلیون تومان، ۱/۸ میلیون تومان خواهد بود و نسبت سود به هزینه از ۱/۷۵ به ۱/۵۴کاهش خواهد یافت. این نتایج نشان می‌دهد در صورت استفاده از پانل خورشیدی، باز هم روش برقی (پشتی)، به‌خصوص برای مناطق اصفهان و فارس که بیشترین سطح زیر کشت محصول گلرنگ را دارند و از ساعات آفتابی مناسبی برخوردارند، دارای توجیه اقتصادی می‌باشد و استفاده از آن قابل توصیه است.

نتیجه‌گیری

روش فرغونی، دارای ظرفیت مزرعه‌ای و درجه خلوص بالاتری نسبت به سایر تیمارها بود (هرچند بین تیمارهای ماشینی اختلاف معنی‌داری ملاحظه نشد) ولی به‌منظور کسب نتایج دقیق‌تر این روش‌ها می‌بایست در سطح وسیع‌تر مورد ارزیابی قرار گیرند؛ روش‌های ماشینی نسبت به روش دستی از درصد ضایعات کمتری برخوردار بوده است که یکی از دلایل آن حذف ریزش محصول در

مسیر انتقال، از واحد برش به مخزن است؛ میزان انرژی مصرفی روش فرغونی نسبت به دو تیمار دیگر بیشتر بود که دلیل اصلی آن استفاده از واحدهای برش و مکش با توان مصرفی بالا بوده است. ازنظر اقتصادی، روش پشتی نسبت به سایر تیمارها، دارای نسبت سود به هزینه بالاتری بود، قیمت پایین دستگاه در این روش، دلیل اصلی بالاتر بودن نسبت سود به هزینه در این روش بوده است. در این روش، چنانچه از پانل خورشیدی به‌منظور تأمین توان مورد نیاز دستگاه استفاده شود، استفاده از دستگاه دارای توجیه اقتصادی می‌باشد.

در نهایت با توجه به معنی‌دار نبودن صفات ظرفیت مزرعه‌ای و درجه خلوص روش‌های ماشینی و انرژی مصرفی و ضایعات کمتر روش پشتی و ارجحیت اقتصادی آن، به‌منظور برداشت گلبرگ گلرنگ، روش برداشت پشتی قابل توصیه است.

پیشنهادات

در این تحقیق روش‌های مختلف برداشت گلبرگ گلرنگ مورد بررسی قرار گرفت و روش مناسب معرفی گردید. به‌منظور توسعه ماشین مناسب برداشت گلبرگ گلرنگ موارد ذیل پیشنهاد می‌گردد:

۱- در روش پشتی وزن دستگاه ۹/۸ کیلوگرم بود که به منظور کاهش وزن و افزایش سهولت استفاده از دستگاه، پیشنهاد می‌شود از شاسی فلزات سبک نظیر آلومینیوم بر روی دستگاه استفاده شود که خود باعث کاهش ۲۰ درصدی وزن دستگاه می‌شود.

۲- با توجه به ساخت نمونه اولیه واحد برش در نوع پشتی، به‌منظور افزایش بازده کاری، واحد برش با کیفیت بالاتری ساخته شود.

۳- به‌منظور افزایش ظرفیت کاری، نوع پشت تراکتوری مجهز به واحد مکنده با چند خروجی طراحی و ساخته شود. در این روش، استفاده از تراکتورهای چرخ باریک و شاسی بلند اجتناب‌ناپذیر است.

References

1. Agricultural statistics. 2015. Crops. First edition, ICT Center, Department of Planning and Economic, Ministry of Agricultural Jihad. (In Farsi).
2. Anonymous. 2016. Technical instructions for safflower cultivation. General Office of Cotton, Oilseeds and Industrial Plants, Deputy Head of Plant Production Affairs, Ministry of Agriculture. (In Farsi).
3. Arab, 2016. Designing of saffron seperating and harvesing machine.National Conference on Agriculture Science and Technology, Natural Resources and Environment of Iran. https://www.civilica.com/Paper-MDCONF01_054.html. (In Farsi).
4. Azimi, S., G. H, Chegini, M. H. Kian-mehr, and A. S. Heidari. 2016. Design and construction of Safflower harvesting machine. National Employment of Graduates in Agricultural and Natural Resources Conference. (In Farsi).
5. Gevorkian, P. 2008. Solar Power in Building Design, Mc Graw Hill publisher, Newyork, USA.
6. John Deer. 1975. Fundamentals of Machine Operation (FMO), Combine Harvesting, John deer and co. Molina, OH.
7. Rajvanshi, A. K. 2005. Development of safflower petal collector. Director, Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI), P.O.Box44, PHALTAN-415523, Maharashtra, nariphaltan@gmail.com.
8. Saeedi rad, M. H., M. A. Abrishami, H. Mostafavi, and S. Zarifneshat. 2012. Evaluation of economical and technical of saffron flower harvester. 8th National Congress on Agricultural Machinery (Bio Systems) and Mechanization of Iran, Ferdowsi University of Mashhad. https://www.civilica.com/Paper-NCAMEM08-NCAMEM08_053.html.
9. Soltani, G. R. 2008. Economical engineering. Publications of Shiraz University, Second Edition: 77-75. (In Farsi).
10. Yun, G., Z. Lixin, Q. Ying, J. Xiaopan, and C. Yuanbu. 2016. Dynamic model for sucking process of pneumatic cutting-type, safflower harvest device. International Journal of Agriculture and Biosystem Engineering 9 (5): 43-50.
11. Yun, Ge., L. Zhang, H. Dandan, Z. Haifeng, and Z. Xiang. 2015. Air Flow Simulation and Optimization for Negative Pressure Safflower Harvesting Device. The Open Mechanical Engineering Journal 9: 773-779.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 11, No. 2, Fall- Winter 2021, p. 465-475

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۴۰۰، ص ۴۷۵-۴۶۵

Semi-mechanized Harvesting of the Safflower Petals in Comparison with Conventional Method

M. Safari[1*], H. Sharifnasab[2]

Received: 15-05-2019
Accepted: 27-08-2019

Introduction

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an oil plant with a growth cycle of 120 days. The seeds of this crop are primarily used for oil production, while its flower petals are used for extracting natural pigments and medicinal purposes. The cultivation area for this crop in Iran was about 2300 ha during 2014-2015. Due to the recent droughts, cultivation of this crop has a good income for farmers because of the short growth period, resistance to drought (water stress) and less maintenance requirements. In the meantime, the flower petals of this crop are used for food coloring and medical affairs. The flower petals are harvested with the traditional method in most parts of Iran, which has a lot of hardship for harvesting and increases production costs. On the other hand, this crop is contaminated in terms of sanitary factors due to the contact of the worker hands with flower petals. Therefore, applying a proper mechanization method for petals harvesting is an effective step in the development of this crop cultivation.

Materials and Methods

In this study, three petal harvesting methods including the manual (conventional) method, Knapsack (Indian modified) method and Fossil-fueled wheelbarrow machine method were compared in terms of effective field capacity, downfall loss percentage, purity percentage, energy consumption, and harvesting costs. The Indian knapsack machine was modified. The experimental design format was a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. In the knapsack method (modified), petals were separated from the receptacle by a cutting blade and sucked into the machine reservoir. In the manual method, petals were separated from the reception by the worker hands and put inside the special bags which hanged on the worker neck. In the fossil-fueled wheelbarrow machine, an 8 kW motor-powered engine was used to set up the 1200 w vacuum system and cutting unit. The vacuum system was installed on the special chassis in wheel barrow machine. Each experimental plot had about 149 safflowers in one square meter area, which was harvested in different methods.

Results and Discussion

The results showed that the harvesting loss (W.W.) of the Knapsack method, Fossil-fueled wheelbarrow machine method, and manual method were 0.63%, 1.11%, and 3.25%, respectively. The percentages of purity were 97.71%, 98.66%, and 95.29%, respectively. There was a significant difference between machine and manual methods in 5% level. The effective field capacity of the methods was 2.45, 2.76, and 1.39 g min^{-1} (in dry condition), which was not significantly different between the machinery treatments in 5% level. The energy consumption for the fossil-fueled wheelbarrow machine was significant compared to the other two methods (1356 kW h^{-1} in 30 days). In terms of the economic point, benefit-cost ratios were 1.75, 1.55, and 1.16 for the Knapsack method, Fossil-fueled wheelbarrow machine method, and manual method, respectively. If the solar panel was used in the Knapsack method, the benefit-cost ratio would decrease to 1.54.

Conclusions

The field capacity of machines methods was more than manual method for safflower petal harvesting. The Knapsack machine had less loss percentage than other treatments. The wheelbarrow machine had a higher degree of purity, but no significant difference was observed between this treatment and the Knapsack method. The energy consumption of the wheelbarrow machine was higher than other treatments. The economic evaluation showed that the Knapsack machine had a higher benefit-cost ratio than other treatments. If the solar panel was used by this machine, the use of a solar panel system would be economical too. Finally, with regards to the technical and economic parameters, using the Knapsack machine was recommended for safflower petal harvesting.

Keywords: Harvesting, Mechanized harvesting, Petal, Safflower

1- Department of Mechanical Engineering in Agro Machinery and Mechanization, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2- Department of Mechanical Engineering in Agro Machinery and Mechanization, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: email2safari@yahoo.com)